

VŠB - Technická univerzita Ostrava
Fakulta elektrotechniky a informatiky
Katedra kybernetiky a biomedicínského
inženýrství

Bezdrátové měření analogových veličin pro
chytré mobilní zařízení

Analog Signal Wireless Measuring for Smart Mobile
Devices

2013

Tomáš Reichenbach

Zadání bakalářské práce

Student: **Tomáš Reichenbach**

Studijní program: B2649 Elektrotechnika

Studijní obor: 2601R004 Měřicí a řídicí technika

Téma: **Bezdrátové měření analogových veličin pro chytré mobilní zařízení**
Analog Signal Wireless Measuring for Smart Mobile Devices

Zásady pro vypracování:

Úkolem této bakalářské práce je vytvořit zařízení pro přenos měřených analogových veličin (teplota, tlak, napětí...) pomocí technologie Bluetooth do mobilního zařízení typu smartphone s operačním systémem Android. Student navrhne a zhotoví desku pro sběr těchto analogových veličin a jejich přeposlání do mobilního zařízení pomocí technologie Bluetooth. Student dále vytvoří aplikaci pro vizualizaci těchto veličin v mobilním zařízení s operačním systémem Android.

1. Seznámení se s programovacím jazykem Java pro vytváření aplikací pro operační systém Android v mobilních zařízeních.
2. Seznámení se s programovacím jazykem C pro vytvoření aplikace pro mikroprocesory Atmel.
3. Seznámení se s 8-mi bitovými mikroprocesory rodiny Atmel a vyberte nejvhodnější pro vybranou aplikaci. Tento procesor by měl obsahovat alespoň dvoukanálový analogově-digitální převodník, pro měření spojitých veličin. A dále by měl obsahovat alespoň jedno z komunikačních rozhraní pro komunikaci s bluetooth modulem.
4. Seznámení se s aplikací pro vytváření desek plošných spojů eagle a navržení desky plošných spojů (DPS) pro výše popsanou aplikaci.
5. Vytvoření aplikace pro mobilní telefon s OS android, která bude zobrazovat hodnoty měřených analogových veličin z vytvořeného modulu.
6. Testování aplikace, která bude zobrazovat alespoň dva kanály měřených veličin současně.
7. Volitelné doplnění měřených signálů o možnosti zpracování v mobilním zařízení s OS Android (Metoda FFT, další matematické operace - sčítání kanálů, atd.).
8. Zhodnocení dosažených výsledků.

Seznam doporučené odborné literatury:

- [1] MURPHY, Mark L. *Android 2 Průvodce programováním mobilních aplikací*. Vyd. 1. Brno : Computer Press, 2011. ISBN 978-80-251-3194-7.
- [2] MEIER, Reto. *Professional Android Application Development*. Indianapolis(USA):Wiley Publishing, Inc., c2009. ISBN 978-0-470-34471-2. Dostupné z:
http://www.google.cz/url?sa=t&rct=j&q=professional%20android%20application%20development&source=web&cd=2&ved=0CEAQFjAB&url=http%3A%2F%2Fandroidteam.googlecode.com%2Ffiles%2Fprofessional_android_application_development.pdf&ei=G-UFT7DyD8_IswaXqumADw&usg=AFQjCNFyzLrx89xFrFq3rvWtSjPohcvQA&sig2=ynMy9esn8kst9B5kCTcKg.
- [3] ECKEL, Bruce. *Myslíme v jazyku Java: knihovna programátora*. Praha: Grada, 2001. 431 s. ISBN 80-247-9010-6.
- [4] VÁŇA, Vladimír. *Atmel AVR programování v jazyce C*. Praha: BEN - technická literatura, 2003. ISBN 80-7300-102-0.
- [5] JURÁNEK, Antonín a Miroslav HRABOVSKÝ. *EAGLE pro začátečníky : návrhový systém plošných spojů : uživatelská a referenční příručka*. Praha: BEN - technická literatura, 2005. ISBN 80-7300-177-2.

Formální náležitosti a rozsah bakalářské práce stanoví pokyny pro vypracování zveřejněné na webových stránkách fakulty.

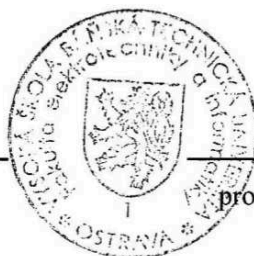
Vedoucí bakalářské práce: **Ing. Jakub Jirka**

Datum zadání: 16.11.2012

Datum odevzdání: 07.05.2013



doc. Ing. Jiří Koziorek, Ph.D.
vedoucí katedry



prof. RNDr. Václav Snášel, CSc.
děkan fakulty

Prohlášení

„Prohlašuji, že jsem tuto bakalářskou/diplomovou práci vypracoval samostatně. Uvedl jsem všechny literární prameny a publikace, ze kterých jsem čerpal.“



Ve Stonavě dne 7. 5. 2013

Tomáš Reichenbach

Poděkování

Chtěl bych zde poděkovat svému vedoucímu bakalářské práce Ing. Jakubu Jirkovi za odbornou pomoc a další cenné rady při zpracování této bakalářské práce.

Abstrakt

Tato bakalářská práce se zabývá vytvořením zařízení pro přenos měřených analogových veličin, pomocí technologie Bluetooth do mobilního zařízení typu smartphone s operačním systémem Android. První částí této práce bylo vytvoření zařízení, které umožňuje měřit napětí a jeho průběh. Zařízení obsahuje dva kanály pro měření analogových veličin. Hlavní částí tohoto zařízení je mikrokontrolér ATmega8 firmy Atmel a Bluetooth modul BTM112 firmy Rayson. Program pro mikrokontrolér je napsán v jazyce C. Komunikace s Bluetooth modulem probíhá pomocí AT příkazů.

Druhou částí práce bylo seznámení se s jazykem Java a vytváření aplikace pro mobilní zařízení s operačním systémem Android. Výsledná aplikace umí zpracovat naměřené hodnoty napětí a vykreslit jejich průběh na displeji chytrého mobilního zařízení.

Klíčová slova

Android, A/D převodník, Atmel, ATmega8, AVR, Bluetooth, USART, jazyk C, jazyk Java, Měření analogových veličin, chytrého mobilního zařízení typu smartphone

Abstract

This bachelor thesis aims to create the device used for wireless analogue signal measurement that is transported to Smartphone with Android operation system using Bluetooth technology. First part of this thesis was concerned with the creation of device that is capable of voltage measuring. This device would have two channels for analogue signals measurement. The AtMega8 microcontroller from Atmel company is the main part of this device. BTM112 module from Rayson company is the main radio module. The program for Atmega8 microcontroller was written in C language and it communicates with the Bluetooth module using AT commands.

The second part of this thesis was to study and use Java programming language for Android's client visualization application. The application can process and display signals from both channels and display them on the screen of the smartphone device.

Key words

Android, A/D převodník, Atmel, ATmega8, AVR, Bluetooth, USART, language C, language Java, Measure analog signals, smartphone

Obsah

| | | |
|-----------|--|-----------|
| 1. | Úvod | 1 |
| 2. | Android | 2 |
| 2.1. | Architektura platformy Android | 2 |
| 2.2. | Specifikace | 3 |
| 2.3. | Vývojové prostředí pro Android | 4 |
| 2.4. | Struktura projektu | 4 |
| 2.5. | Emulátor zařízení android | 5 |
| 2.6. | Aplikační principy | 6 |
| 2.6.1. | Aktivita | 6 |
| 3. | Popis aplikace pro měření analogových veličin..... | 8 |
| 4. | Jazyk C pro mikroprocesory Atmel..... | 10 |
| 4.1. | Program pro mikrokontrolér | 10 |
| 5. | Zařízení pro přenos měřených analogových veličin | 12 |
| 5.1. | Mikroprocesor Atmel..... | 12 |
| 5.2. | Mikroprocesor ATmega8..... | 12 |
| 5.3. | Analogově digitální převodník..... | 13 |
| 5.4. | Interní A/D převodník mikroprocesoru..... | 13 |
| 5.4.1. | Výpočet výsledku A/D převodníku..... | 14 |
| 5.5. | Rozhraní USART/UART | 14 |
| 5.5.1. | Synchronní přenos..... | 14 |
| 5.5.2. | Asynchronní přenos | 15 |
| 5.5.3. | Inicializace rozhraní UART | 15 |
| 5.5.4. | Vysílání dat pomocí UART | 15 |
| 5.5.5. | Příjem dat pomocí UART | 15 |
| 5.6. | Napěťový převodník pro UART | 15 |
| 5.7. | Vstupní obvod..... | 16 |
| 5.8. | Operační zesilovače Rail-to-Rail | 16 |
| 5.9. | Zapojení vstupního obvodu..... | 17 |
| 6. | Bluetooth komunikace | 18 |
| 6.1. | Komunikační profily a architektura přenosových protokolů | 19 |
| 6.1.1. | Architektura přenosových protokolů standardu Bluetooth | 19 |
| 6.2. | Bluetooth modul BTM112 | 21 |

| | | |
|-----------|---------------------------------|-----------|
| 7. | Konstrukce..... | 22 |
| 7.1. | Deska plošných spojů | 22 |
| 8. | Měření..... | 23 |
| 9. | Závěr | 25 |
| | Použitá literatura | 26 |
| | Seznam Příloh..... | 27 |

1. Úvod

Úkolem této bakalářské práce je vytvořit zařízení pro přenos měřených analogových veličin (teplota, tlak, napětí...) pomocí technologie Bluetooth do mobilního zařízení typu smartphone s operačním systémem Android.

Dále v této bakalářské práci je návrh desky plošných spojů pro sběr těchto analogových veličin a jejich přeposlání do mobilního zařízení pomocí technologie Bluetooth.

Dalším krokem je vytvoření aplikace pro vizualizaci těchto veličin v mobilním zařízení s operačním systémem Android.

2. Android

Android je softwarová platforma, kterou původně založila společnost Android Inc. Kterou odkoupila společnost Google v roce 2005. Společnost Google následně celou platformu předala sdružení OHA (Open Handset Alliance), jejímž je také členem. Samotné OHA tvoří uskupení softwarových společností, mobilní operátory a výrobce mobilních telefonů.

Operační systém android je rozsáhlá open-source platforma, která vznikla zejména pro mobilní zařízení (chytré telefony, PDA, navigace, tablety). Zahrnuje v sobě operační systém (založený na jádru Linux), middleware, uživatelské rozhraní a aplikace. Vyvíjí ho konsorcium Open Handset Alliance, jehož cílem je progresivní rozvoj mobilních technologií, které budou mít výrazně nižší náklady na vývoj a distribuci, a zároveň spotřebitelům přinese inovativní uživatelsky přívětivé prostředí. Při vývoji systému byla brána v úvahu omezení, kterými disponují klasické mobilní zařízení jako výdrž baterie, menší výkonnost a málo dostupné paměti. Zároveň bylo jádro Androidu navrženo pro běh na různém hardwaru. Systém tak může být použit bez ohledu na použitý chipset, velikost či rozlišení obrazovky.

Samotná platforma Android dává k dispozici nejen operační systém s uživatelským prostředím pro koncové uživatele, ale i kompletní řešení nasazení operačního systému (specifikace driverů aj.) pro mobilní operátory a výrobce zařízení a v neposlední řadě pro vývojáře aplikací poskytuje efektivní nástroje pro jejich vývoj – Software Development Kit.[1]

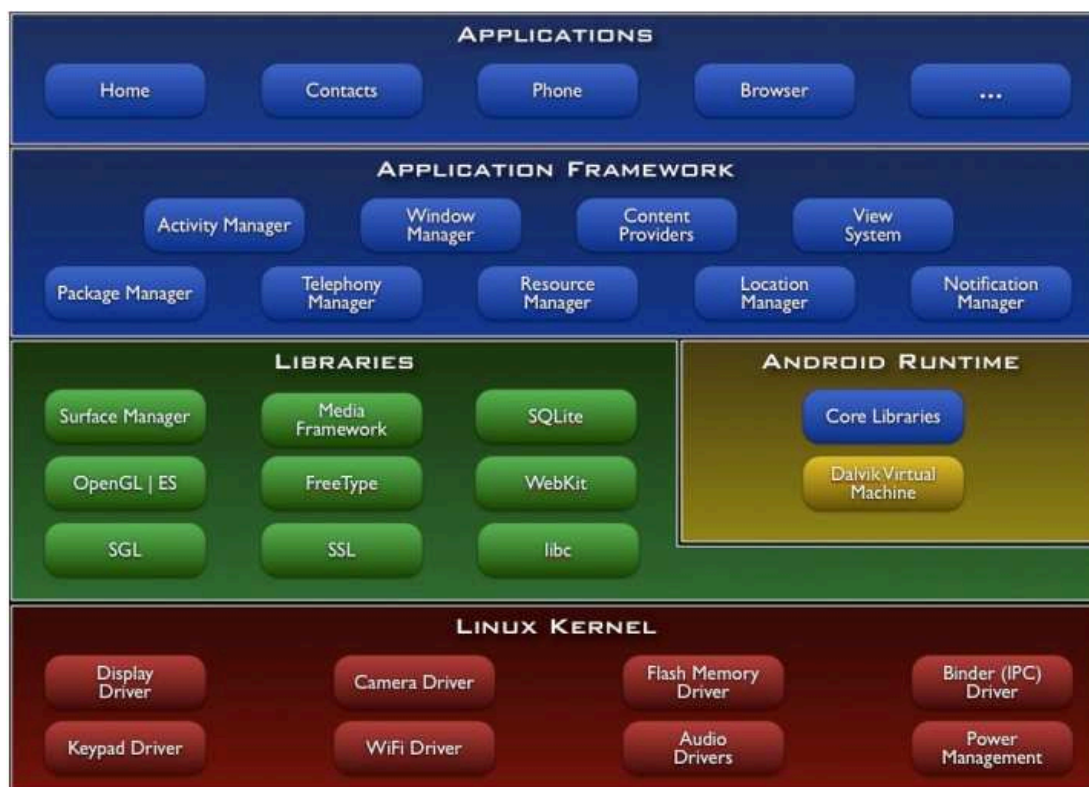
2.1. Architektura platformy Android

Architektura platformy Android je vyobrazena na obr. 1. Základní části operačního systému android je v první vrstvě jádro. Linux Jádro obsahuje ovladače nutné pro správu paměti, správu procesů, síť, ovladače všech vnitřních snímačů a komponent. Aplikace však k funkcím jádra nepřistupují přímo, ale prostřednictvím Android API.

Druhá vrstva je rozdělena na běhové prostředí Androidu (Android Runtime) a tím je virtuální stroj Dalvik a knihovny, které implementují aplikační rozhraní. Mezi tyto knihovny se řadí standardní knihovna jazyka C (libc), knihovny pro práci s multimédií (media Framework), knihovny pro databáze (SQLite), jádro webového prohlížeče (Webkit), knihovny pro práci s grafikou (SGL, OpenGL ES a Surface Manager), knihovny pro šifrovanou síťovou komunikaci (SSL).

Třetí vrstvou je aplikační framework, který je napsaný v programovacím jazyce Java. Je přeložen přímo do kódu virtuálního stroje Dalvik. Tento kód je přímo uložen na daném zařízení.

V poslední vrstvě jsou už ostatní aplikace, které jsou nezávislé na platformě.



Obr. 1 Architektura platformy Android [2]

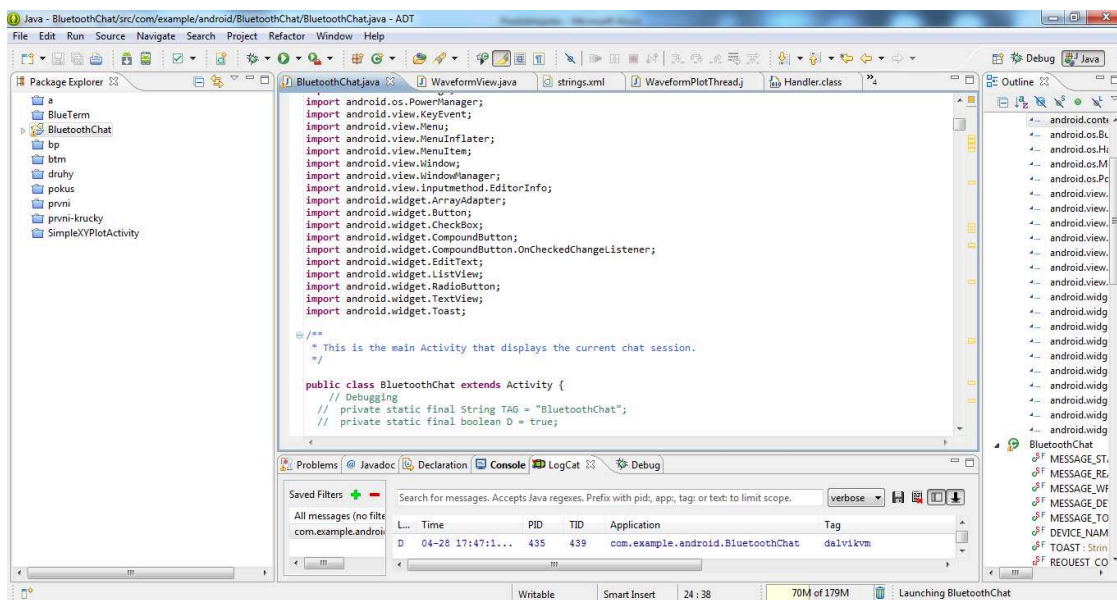
2.2. Specifikace

- **Bluetooth, EDGE, 3G, a WiFi** - (je závislé na hardwarové podpoře zřízení).
- **Aplikační rozhraní** - umožňuje snadné opakované využití komponent a jejich případnou výměnu.
- **Integrovaný webový prohlížeč** - založený na open-source vykreslovacím jádře WebKit.
- **Virtuální stroj Dalvik** - je JAVA virtuální stroj pro mobilní zařízení.
- **Podpora multimédií** - obvyklých formátů audio, video a obrazu.
- **Optimalizovaná grafika** - součástí jsou obecné knihovny pro 2D grafiku (SGL), 3D grafiku (OpenGL ES 1.0) s možností hardwarové akcelerace.
- **SQLite** - databázový server pro uložení a zpracování strukturovaných dat.
- **Plnohodnotné vývojové prostředí** – vývojové prostředí Eclipse a emulátor zařízení pro vývoj aplikace Android.

2.3. Vývojové prostředí pro Android

Pro vývojové prostředí bylo použito programu Eclipse IDE s vestavěným ADT (Android Developer Tools) viz Obr. 2, které se nachází v balíčku Software Development Kit (SDK). Dostupné Z Webu android developers.

Aby mohla být vytvořena aplikace pro Android, musí být nejprve vytvořen odpovídající android projekt. Je-li při vývoji aplikací pro Android použito prostředí Eclipse, může se jednat o Eclipse projekt. Tento projekt bude obsahovat veškerý zdrojový kód aplikace, všechny potřebné zdroje (například lokalizované řetězce), Java archivy (JAR) třetích stran a další potřebné materiály. Překládací nástroje pro systém Android – Ať už zabudované do prostředí Eclipse, nebo samostatné – zabalí projekt do souboru APK (Android package), což je soubor aplikace pro android. Tyto nástroje také pomohou načíst váš APK soubor do emulátoru, nebo skutečného zařízení s operačním systémem Android pro testovací účely.[3]



Obr. 2 Vývojové prostředí pro Android

2.4. Struktura projektu

Překladačový systém operačního systému Android je uspořádaný okolo specifické stromové struktury adresářů vašeho projektu – velmi podobně jako v případě jakéhokoliv jiného Java projektu. Specifika tohoto systému jsou však jedinečná.

Projekt se skládá z hlavního okna aplikace, které je základem programovacího prostředí a v tomto okně se také píše daný kód pro aplikaci. Dalším důležitým prvkem je strom, ve kterém jsou další součásti aplikace.

Obsah kořenového adresáře:

AndroidManifest.xml: XML soubor popisující vyvíjenou aplikaci a komponenty (aktivity, služby atd.), které aplikace obsahuje

build.xml: ant skript pro kompilaci aplikace a její instalaci.

assets/: složka obsahující ostatní statické soubory, které chcete přibalit k aplikaci pro použití na zařízení.

bin/: složka, která uchovává aplikaci po jejím zkompilování.

gen/: složka, do které překladač nástroje systému Android umístí zdrojový kód, který vygenerují.

Libs/: složka uchovávající jakékoliv Java archivy třetích stran, které vaše aplikace potřebuje.

Src/: složka uchovávající zdrojový kód aplikace v jazyce Java.

Res/: složka uchovávající prostředky – například ikony, návrhy grafického uživatelského rozhraní (GUI) apod. – zabalené se zkompilovaným Java zdrojovým kódem aplikace.

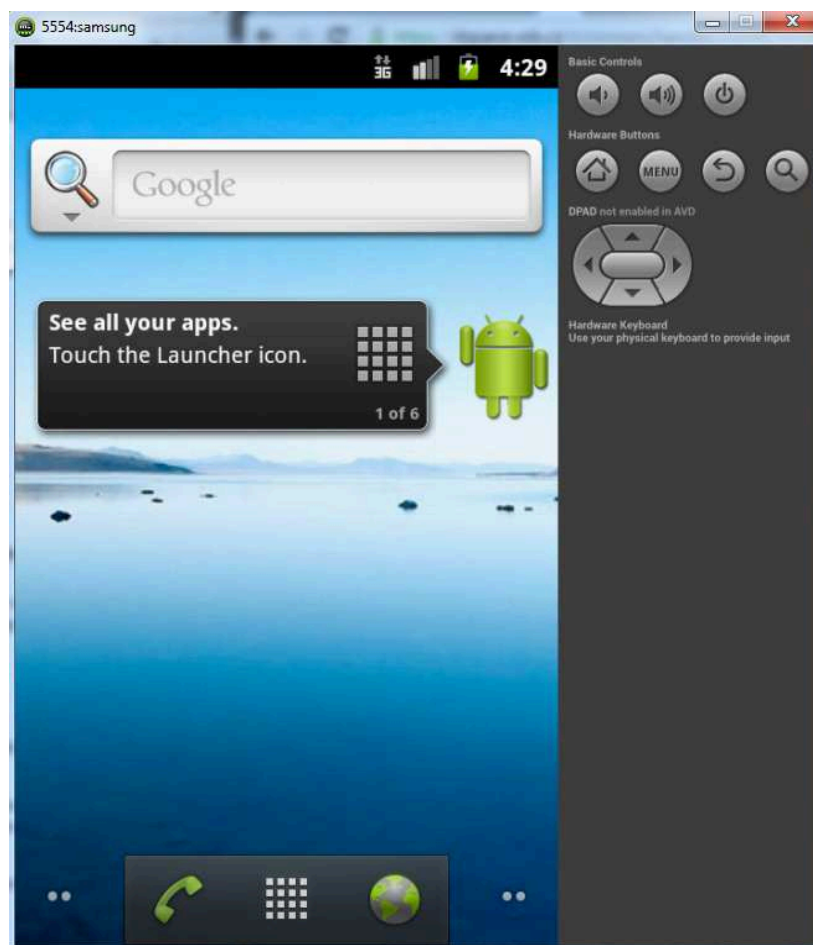
Tests/ : složka, ve které je uložený úplně oddělený Android projekt, který se používá k testování vámi vytvořeného projektu.[3]

2.5. Emulátor zařízení android

Součástí vývojového prostředí je i emulátor Obr. 3. Emulátor je kompletní prostředí Androidu. Pomocí něhož, lze simulovat různé konfigurace prostředí a zařízení.

V tomto emulátoru lze různě nastavovat jak hardware (velikost operační paměti, velikost vnitřního úložiště), tak rozlišení obrazovky. Emulátor je také schopen vyvolat některé akce jako příchozí volání.

Aplikaci vytvořenou v rámci této práce lze ladit dvěma způsoby: buď výše popsaným emulátorem, nebo přímo na fyzickém zařízení například na mobilním telefonu se systémem Android. Pro ladění aplikace v telefonu je nutné mít zapnuté ladění v záložce rozvoj. Po připojení telefonu pomocí Usb kabelu, se nainstalují potřebné ovladače automaticky. Pro ladění stačí kliknout na tlačítko stejného názvu ve vývojovém prostředí a aplikace se nainstaluje do zařízení a spustí.



Obr. 3 Emulátor zařízení android

2.6. Aplikační principy

Jak již bylo zmíněno, Aplikace Android se programují v Javě a běží nad virtuálním strojem, který pracuje na linuxovém jádře. Každá spuštěná aplikace má svůj vlastní virtuální stroj.

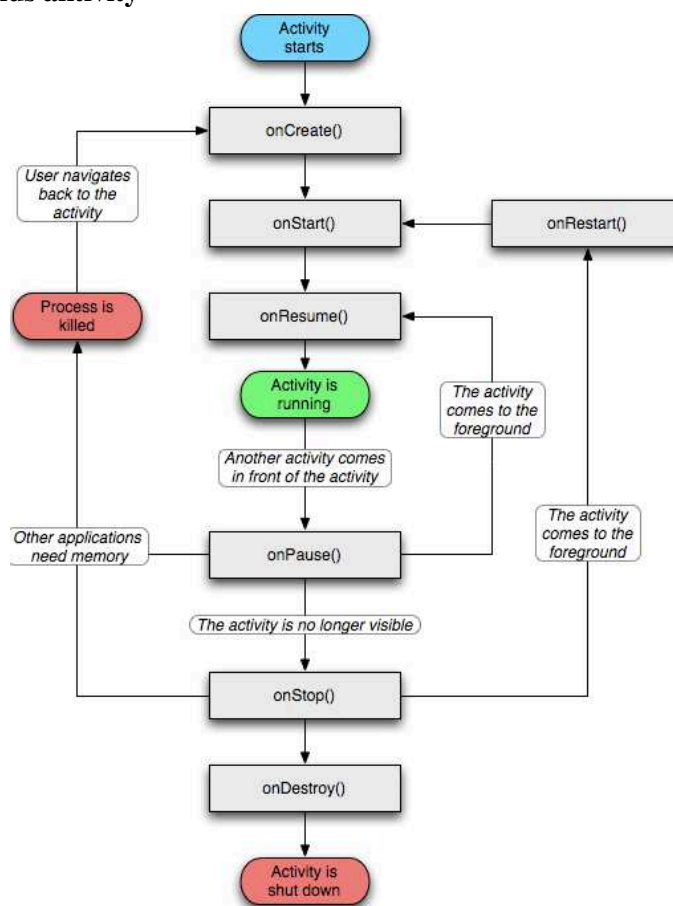
Základní vlastností Androidu je možnost využít části jiných aplikací ve své aplikaci. Důvod k tomuto řešení byl prostý – zamezit opakovanému vytváření stejné funkcionality a usnadnit tak vývojářům práci. K tomuto účelu byly aplikace navrženy jako balíky několika komponent. Existují čtyři typy komponent: activity, service, broadcast receiver a content provider, přičemž každá z těchto komponent slouží k jinému účelu. [4]

2.6.1. Aktivita

Aktivita je základní komponenta vizualizace. Aktivita reprezentuje jednu obrazovku uživatelského rozhraní. Každá aktivita se ukládá do zásobníku aktivit. Aktuální aktivita je na vrcholu zásobníku. Ostatní aktivity, které jsou spuštěny, běží na pozadí a jsou v zásobníku níže než aktuální aktivita. Systém může v rámci úspory paměti násilně ukončit aktivity na pozadí, ty které jsou nejnižší v zásobníku, pomocí (low-memory kill procesu).

Aktivity nejsou určeny k složitým výpočtům a dlouhodobým operacím. Pokud jsou vykonávány dlouhodobé činnosti, je vhodné použít vlákna. Každá aktivita má svůj životní cyklus viz Obr. 4.

Životní cyklus aktivity



Obr. 4 Cyklus aktivity [5]

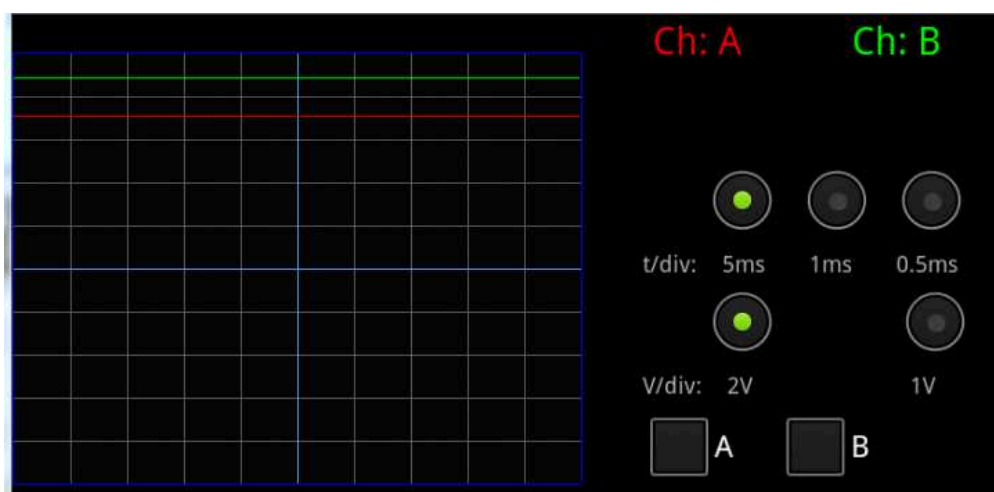
- `onCreate ()` – Je volána, když je aktivita poprvé spuštěna.
- `onStart ()` – Je volána, vždy před zobrazením aktivity.
- `onResume()` – Je volána, když je aktivita připravena reagovat na vstupy od uživatele.
- `onPause()` – Je volána, když je aktivita přesunuta do pozadí.
- `onStop()` – Je volána, když aktivita není viditelná pro uživatele.
- `onRestart()` – Je volána, když se má aktivita znovu zobrazit.
- `onDestroy()` – Je volána, když je aktivita zrušena.

3. Popis aplikace pro měření analogových veličin

Jedním z cílů bakalářské práce bylo vytvořit aplikaci pro Android, která bude schopna zobrazovat měřené analogové veličiny přenášené pomocí Bluetooth. Aplikace vychází z open-source aplikace Bluetooth chat, která je volně stažitelná z webu Android developer.

V této aplikaci se nachází Java soubor Bluetooth service, ve kterém jsou základní komponenty pro ovládání Bluetooth zařízení v mobilu. Jelikož komunikace mezi zařízením jako sériový port, bylo nutné přepsat profil UUID (universally unique identifier). Dále pro vykreslování je použit prvek surface view.

Po spuštění aplikace v mobilním telefonu (smartphone) s operačním systémem android, se objeví hlavní okno aplikace, viz Obr. 5.



Obr. 5 Vzhled aplikace

V levé straně obrazovky je graf s rastrem, na kterém se zobrazuje průběh měřené veličiny. V tomto případě napětí. Zobrazení je dvoukanálové to znamená, že v grafu se vykreslí oba měřené kanály. V další části obrazovky se nachází měřené hodnoty. Dále jsou tam 3 tlačítka (Radio button) pomocí nich lze přepínat čas na dílky rastru v hodnotách (5ms/dílek, 1ms/dílek, 0,5ms/dílek).

Dále pod těmito tlačítky pro volbu času na dílek se nachází dva tlačítka pro změnu velikosti napětí na dílek v rozmezí (2V/dílek, 1V/dílek).

Poslední dvě tlačítka (Check box) s označením (A, B), slouží pro spouštění měření jednotlivých kanálů, jsou na sobě nezávislá. To znamená, že lze vybrat, který kanál bude měřen zda, A, B nebo oba současně.

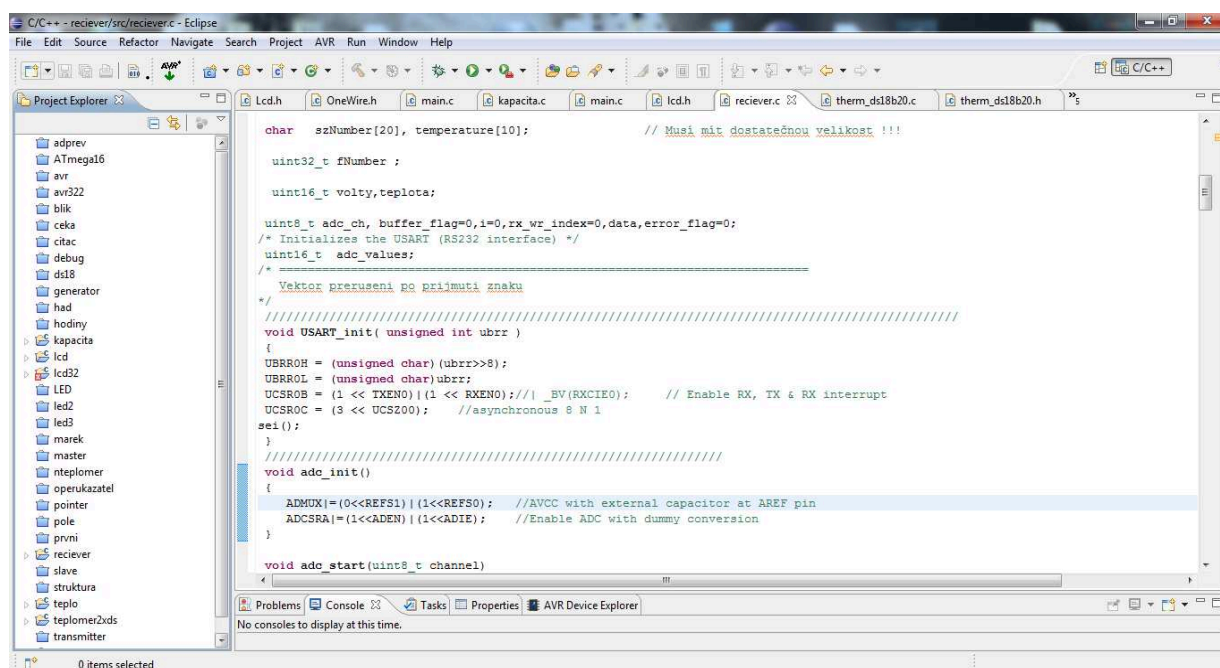
Těmito tlačítky se rovněž zastavuje průběh zobrazení a měření, který zůstane vyobrazen po celou dobu, pokud nedojde k opětovnému zmáčknutí a znovu spuštění měření příslušného kanálu.

Tlačítkem Nastavení (options) na mobilním telefonu se zobrazí nabídka pro připojení pomocí Bluetooth k zařízení. Po nalezení aktivního zařízení se objeví další nabídka pro zadání párovacího hesla. Párovací heslo je (1234), které je standardně nastaveno v Bluetooth modulu zařízení. Po navázání spojení se v horní liště vpravo zobrazí stav connected:serial adaptor. Pokud je zobrazen tento stav, tak je vše připraveno k měření. Aplikace byla testována na telefonu Samsung GT-I8150. Verze Androidu 2.3.6.

4. Jazyk C pro mikroprocesory Atmel

Pro tento mikroprocesor byl zvolen programovací jazyk C. Programovací prostředí je Eclipse Helios Obr. 6. Aby bylo možné programovat mikroprocesory AVR je nutné k vývojovému prostředí Eclipse nainstalovat WinAVR. Což je sada spustitelných nástrojů s otevřeným zdrojovým kódem, pro vývoj softwaru, pro AVR mikroprocesory. WinAVR zahrnuje avr-gcc (kompilátor), avrdude (programátor), avr-gdb (debugger). Pro překlad jazyka C je použit nástroj MinGW.

Program je napsán v jednom souboru (jelikož je poměrně krátký) s příponou c, v mém případě BP.c. následný krok po napsání programu pro mikroprocesor, je přeložení a zkompilování do souboru BP.hex. Tento soubor je pomocí nástroje avrdude a programátoru, který pracuje na protokolu STK500 nahrán do mikroprocesoru. Programování mikroprocesoru probíhá, přes rozhraní SPI.

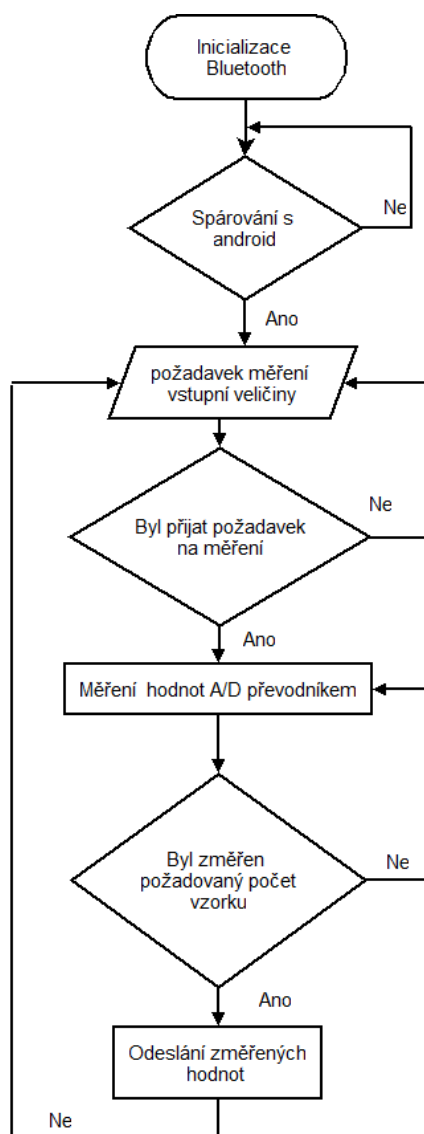


Obr. 6 ukázka vývojového prostředí Eclipse

4.1. Program pro mikrokontrolér

Po zapnutí zařízení se nejprve provede inicializace Bluetooth modulu. Inicializace se provádí AT příkazy, které posílá mikrokontrolér pomocí UART do Bluetooth modulu a zároveň po odeslání příkazu kontroluje odezvu od bluetooth modulu, zda byl příkaz správně zpracován. Po vyslání posledního AT příkazu mikrokontrolér čeká, až se Bluetooth modul spáruje přes Bluetooth s mobilním zařízením. Po navázání úspěšné komunikace, se modul automaticky přepne do datového režimu. Zde program čeká na signál pro zahájení měření. Mikrokontrolér spustí vnitřní AD převodník a změřená analogová veličina převedena do digitálního tvaru se uloží do pole hodnot v paměti mikrokontroléru. Po dosažení potřebného

počtu, se všechna data odešlou přes UART do Bluetooth modulu. Bluetooth modul následně tyto data pošle do mobilního zařízení k dalšímu zpracování, viz Obr. 7.



Obr. 7 Diagram aktivit programu v ATmega8

Pořadí odeslaných AT příkazu při startu mikrokontroléru:

AT – Bluetooth modul nic neprovede a vrátí AT.

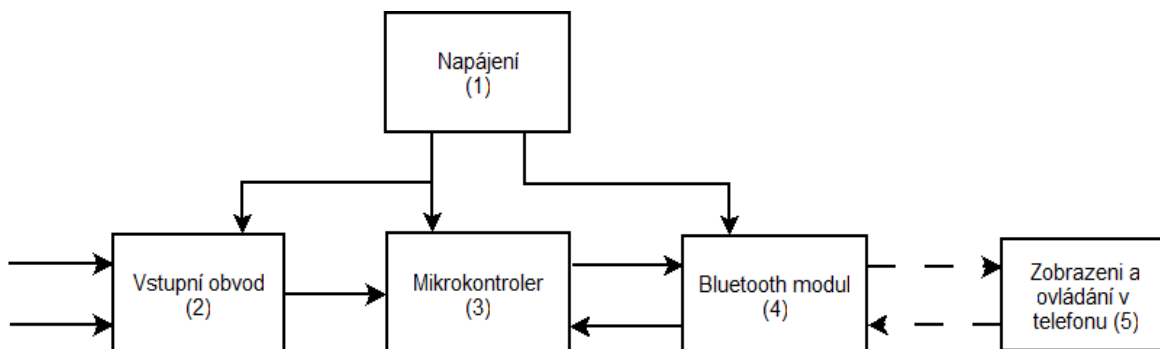
ATR0 – Nastavení do Master režimu.

ATO0 – Automaticky se začne připojovat na dostupné zařízení.

ATR1 – Přepnutí Bluetooth do „slave“ režimu.

5. Zařízení pro přenos měřených analogových veličin

Zde je blokové schéma zařízení pro měření analogových veličin a odesílání změřených dat pomocí Bluetooth do mobilního zařízení s operačním systémem Android viz Obr. 8.



Obr. 8 Blokové schéma zařízení pro měření analogových veličin

Popis:

- 1 – Napájení je bateriové 9V.
- 2 – Vstupní obvod, dva vstupy pro měření analogových veličin v rozsahu $\pm 10V$.
- 3 – Mikrokontrolér obsahuje A/D převodník pro převod analogového napětí na digitální tvar, dále rozhraní USART pro komunikaci s Bluetooth modulem.
- 4 – Bluetooth modul slouží pro bezdrátovou komunikaci s mobilním telefonem.
- 5 – Vizualizace a ovládání v mobilním telefonu.

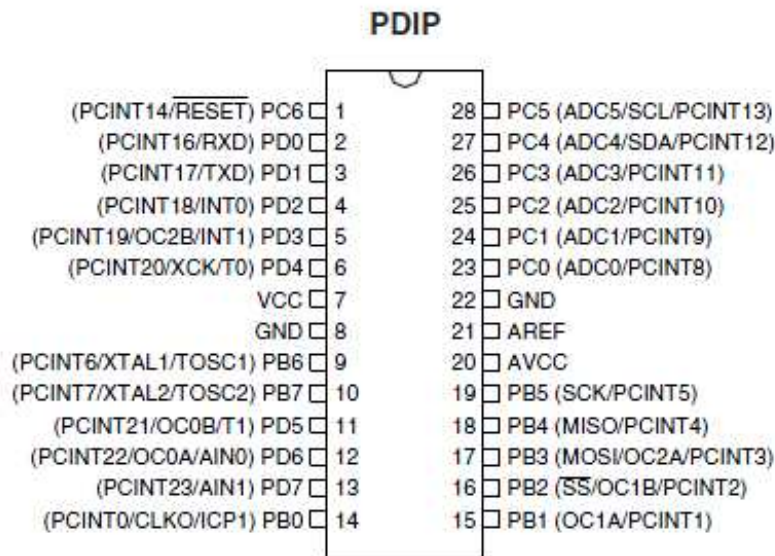
5.1. Mikroprocesor Atmel

Pro tuto bakalářskou práci byl zvolen, 8bitový mikroprocesor z rodiny Atmel ATmega8, který má jádro postavené na architektuře AVR.

Tento jednočipový mikropočítač nebo mikrokontrolér je elektronicky integrovaný obvod, ve kterém se současně nacházejí základní periferní obvody (jádro, RAM, EEPROM, A/D převodník, atd.). Takže je schopen po naprogramování samostatně pracovat.

5.2. Mikroprocesor ATmega8

Hlavní částí zařízení, byl zvolen osmi bitový Mikroprocesor ATmega8 od firmy Atmel viz Obr. 9, Mikroprocesor je RISC architektury a jádro AVR. Protože v sobě obsahuje dvě základní části, které budu používat k bakalářské práci: AD převodník a rozhraní USART, proto byl vybrán tento Mikroprocesor, který je levný a pro tuto aplikaci dostačující.



Obr. 9 Vývody ATmega8 [6]

5.3. Analogově digitální převodník

Analogově digitální převodník převádí spojitou analogovou hodnotu signálu na diskretní tvar.

Postup zpracování analogového signálu na diskretní tvar:

- Vzorkování – sbírání jednotlivých vzorků za stejný časový interval.
- Kvantování – proces, kdy se jednotlivým vzorkům přiřadí jejich velikost (kvantum). Vzorek se zaokrouhlí na nejbližší kvantovací úroveň. Počet úrovní je 2^n kde n je počet bitů A/D převodníku.

Druhy A/D převodníku

- Paralelní A/D převodník- je nejrychlejší typ A/D převodníku, protože převod probíhá v jednom časovém intervalu.
- A/D převodník s postupnou aproximací.
- Integrační převodník.

5.4. Interní A/D převodník mikroprocesoru

A/D převodník v Mikrokontroléru je 10-ti bitový s postupnou aproximací. A/D převodník je připojen k 8 kanálovému multiplexeru, který umožňuje připojení napětí na jednotlivé vstupy. Vstupy A/D jsou vyvedeny na portu (A) a vztahují se k 0V (GND).

Jednotlivé kanály se přepínají softwarově zápisem příslušné bitové hodnoty do registru ADMUX.

Základní parametry A/D převodníku:

- 10 bitové rozlišení,
- 0.5 LSB integrální nelinearity,
- ± 2 LSB absolutní přesnost,
- 13 μ s - 260 μ s převodní čas,
- až 15kSPS při maximálním rozlišení,
- 6 (8) multiplexovaných vstupů (podle pouzdra),
- 0 – Vcc napájení.

Zapojení pinu A/D převodníku na mikrokontroléru:

- A_{REF} – připojen kondenzátor 100n.
- AGND – spojeno se zemí.
- AVCC – připojeno na 5V.

5.4.1. Výpočet výsledku A/D převodníku

Rovnice pro výpočet hodnoty registru A/D převodníku viz rovnice 1.

$$10 \text{ bitu} = 2^{10} = 1024 \text{ hodnot}$$

$$ADC = \frac{V_{IN} \cdot 1024}{V_{REF}} \quad (1)$$

ADC – je registr, který se skládá ze dvou 8mi bitových registru (ADCH, ADCL), ve kterém je uložena hodnota po konverzi.

V_{IN} – je napětí na vstupu AD převodníku.

V_{REF} – je referenční napětí, u této aplikace je referenční napětí rovno napájecímu a to 5V.

5.5. Rozhraní USART/UART

USART (Universal Synchronous and Asynchronous serial Receiver and Transmitter) je rozhraní, které posílá nebo přijímá data mikrokontroléru, přes sériovou linku RS232. Toto rozhraní lze provozovat buď v synchronním režimu (USART), nebo v asynchronním režimu (UART). Pro komunikaci mikrokontroléru s Bluetooth modulem je použit asynchronní režim.

5.5.1. Synchronní přenos

- Je obvykle rychlejší než asynchronní,
- USART používá hodinový signál CLK.

5.5.2. Asynchronní přenos

Hodinový signál vysílače nemusí být synchronizován s hodinovým signálem přijímače. Vysílač může posílat data v libovolném okamžiku a s různě dlouhou prodlevou mezi vyslanými daty.

Struktura přenášeného signálu musí být pevně daná a stejná mezi oběma zařízeními, tvoří tzv. rámec (start bit, 5-9 datových bitů, paritní bit, stop bit).

Formát používaného asynchronního rámce:

- Start bit je vždy roven log. 0.
- 8 datových bitů.
- 1 stop bit.

5.5.3. Inicializace rozhraní UART

V této práci byla použita sériová komunikace typu UART, protože Bluetooth modul BTM112 podporuje pouze tento typ sériové komunikace.

Inicializace UART v mikroprocesoru se provádí nastavením přenosové rychlosti (Baud Rate). Pro komunikaci s Bluetooth modulem je použita rychlost 19200bps. Tato rychlost je také továrně nastavena v Bluetooth modulu. Abychom mohli zapsat hodnotu této rychlosti, je v katalogu mikroprocesoru tabulka, ze které lze vyčíst jaká hodnota se má zapsat do registru UBRR. Při rychlosti 19200bps a frekvenci oscilátoru 16MHz je hodnota registru UBRR = 51. Dále se nastaví, jaký druh přenosu budeme používat. Podle továrního nastavení Bluetooth modulu je použito 8 datových bitů a 1 stop bit. 8 datových bitů se nastaví v registru UCSRC nastavením logické 1. Bitu UCSZ1 a UCSZ0. Asynchronní přenos a stop bit se nemusí nastavovat, protože jsou nastaveny při počátečním zapnutí mikroprocesoru.

5.5.4. Vysílání dat pomocí UART

Povolení vysílače se realizuje nastavením bitu TransmitEnable (TXEN) na logickou hodnotu 1, to je 3. bit v registru UCSRB. Pokud je vysílání povoleno je změněna výchozí funkce pinu PD1 na funkci sériového vysílače TxD.

5.5.5. Příjem dat pomocí UART

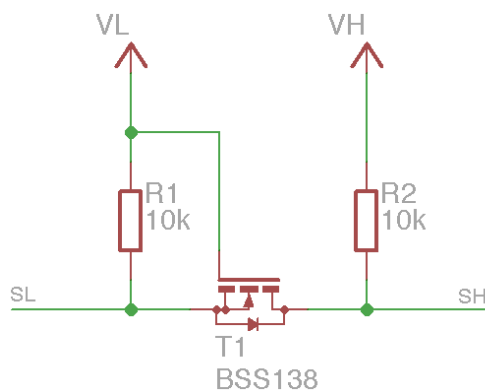
Povolení přijímače se realizuje nastavením bitu ReceiveEnable (RXEN) na logickou hodnotu 1, to je 4. bit v registru UCSRB. Když je přijímání povoleno je změněna výchozí funkce pinu PD0 na funkci sériového přijímače RxD.

5.6. Napěťový převodník pro UART

Princip obvodu je docela jednoduchý viz Obr. 10. VL označuje nižší napájecí napětí a VH zase vyšší. SL je signál s nižší (např. 3,3V) logikou a SH zase vyšší (např. 5V). Pokud ani jedna strana nekomunikuje, pull-up rezistory způsobí, že je linka na obou stranách v logické jedničce. Tedy SL=3,3V a SH=5V. Rozdíl napětí mezi vývody source a gate tranzistorů je blízké nule a tranzistor je zavřen.

Jakmile levá strana (ta s nižším napětím) spojí linku se zemí (logická nula), rozdíl napětí mezi *source* a *gate* tranzistoru stoupne a tím se otevře. Logická nula se objeví i na pravé straně.

Pokud pravá strana spojí linku se zemí, dioda mezi *source* a *drain* tranzistoru způsobí, že se zvětší rozdíl napětí mezi *source* a *gate* a tranzistor se otevře. Tím se na levé straně objeví logická nula. [7]



Obr. 10 Schéma převodníku [7]

5.7. Vstupní obvod

Vstupní obvod má za úkol přijímat a upravovat měřenou analogovou veličinu, která jde dále na vstup A/D převodníku mikrokontroléru. Ochrana vstupního obvodu proti přepětí je řešena jednodušším způsobem pomocí varistoru.

Varistor je nelineární polovodičová součástka, jejíž odpor je závislý na přiloženém napětí na vstupech. Při zvětšování napětí na vstupech součástky dochází nejprve k pomalému nárůstu proudu, ale při překročení mezního napětí, prudce poklesne vnitřní odpor. Napětí na varistoru už dále neroste, ale dochází však k velkému nárůstu proudu. Tím se omezí přepětí na vstupech, jež by mohlo poškodit operační zesilovač nebo vstupy A/D převodníku mikrokontroléru.

Celkový vstupní obvod se skládá z dvou operačních zesilovačů umístěných v jednom pouzdře. V zapojení je použitý operační zesilovač TS912. Tento obvod je typu CMOS a RAIL to RAIL tzn., že výstupní hodnota je rovna napájecímu napětí s odchylkou 50mV.

5.8. Operační zesilovače Rail-to-Rail

V současnosti jsou požadovány OZ, jejichž činnost je slučitelná s činností systému digitálních. Vede to k požadavku na funkčnost při „jednoduchém“ napájení +5V (single supply). Zkušenosti z posledních let vedly k vytýčení následujících vlastností:

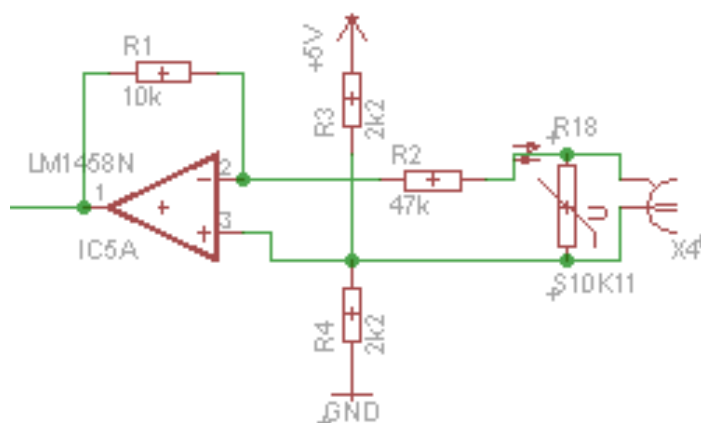
Funkčnost při nesymetrickém (pouze kladném) napájení menším než 5V, je-li to možné i pod 1V - pro „bateriové“ aplikace. Přitom by nemělo dojít k degradaci „stejnoseměrných ani střídavých“ vlastností - oproti nyní běžně dosahovaným hodnotám.

Funkčnost pro vstupní a výstupní signály v celém rozsahu napájecích napětí (Rail-to-Rail Input/Output); volně přeloženo „od napáječe k napáječi“ na vstupu i výstupu. Tím se

rozumí rozsah vstupních signálů (CMV - Common Mode Voltage) alespoň 100mV „pod záporný napáječ“ a alespoň 25mV „nad kladný napáječ“ (Rail-to-Rail Input), samozřejmě opět bez degradace vlastností. Rozsah výstupních napětí - „dostat se“ k napáječům na méně než 100mV (Rail-to-Rail Output). Tím je pro zpracování signálu vytvořeno vhodné prostředí i při malých hodnotách napájecích napětí. [8]

5.9. Zapojení vstupního obvodu

Zde je schéma vstupního obvodu použitého v zařízení viz Obr. 11.



Obr. 11 schéma vstupní části

Rezistory R3, R4 jsou zapojené jako napěťový dělič a slouží pro posunutí referenční hladiny 0V na napěťovou úroveň 2,5V, toto posunutí umožní měřit záporné hodnoty vstupního napětí. OZ je zapojen jako invertující zesilovač. Zesílení operačního zesilovače je -0,213, což zvětší rozsah vstupního napětí na cca $\pm 10V$ a na výstupu OZ bude 0-5V.

6. Bluetooth komunikace

Bluetooth je bezdrátová rádiová technologie pro přenos dat na relativně krátkou vzdálenost. Bluetooth technologie se nachází už ve většině elektronických zařízení, kde je potřeba komunikovat s jinými zařízeními bezdrátově. Bluetooth se uplatňuje, všude tam kde se mají nahradit drátové vodiče spojující zařízení, při zachování vysoké bezpečnosti přenosu.

Hlavní rysy Bluetooth technologie

- Robustnost,
- nízké náklady,
- bezpečnost,
- u posledních verzí vyšší rychlost přenosu dat.

Bluetooth název standardu pro radiový přenos, který pracuje v nelicencovaném pásmu ISM, v rozmezí od 2,4GHz do 2,4835GHz. Toto pásmo je rozděleno na 79 kanálů, mezi nimiž je odstup 1MHz. A zároveň dochází k neustálým frekvenčním skokům FHSS (Frequency Hopping Spread Spectrum) 1600 skoku za sekundu. [9]

Rušení Bluetooth technologie používá AFH (Adaptive frequency hopping), což je schopnost, která byla navržena tak, aby se snížilo rušení mezi, bezdrátovými zařízeními, které sdílejí pásmo 2,4GHz.

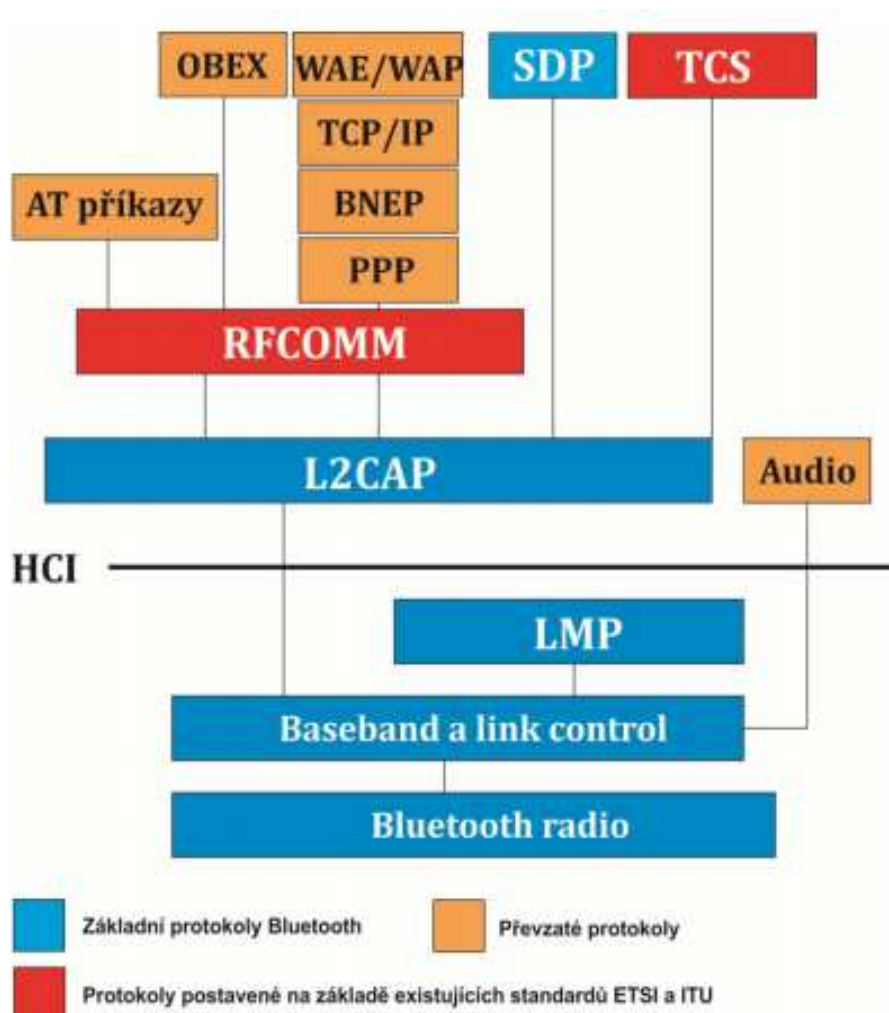
Připojením dvou zařízení s Bluetooth se nazývá „párování“. Technologie Bluetooth má dosah od 10m až 100m. Tento dosah záleží na tom, v jaké třídě se nachází, ale také záleží na konkrétní aplikaci. Čím větší dosah, tím je také přenos energeticky náročnější. V tabulce jsou uvedeny výkony a dosah jednotlivých tříd. Tato tabulka (Tabulka 1) je definovaným standardem. V praxi se hodnoty dosahu mohou lišit, záleží na tom, kde je konkrétní zařízení používáno. Jestli v uzavřeném prostoru, nebo v otevřeném, kde se může dosahovat větších vzdáleností.

| Třída | Výkon [mW] | Dosah [m] |
|---------|------------|-----------|
| Třída 1 | 10 | 100 |
| Třída 2 | 2,5 | 10-50 |
| Třída 3 | 1 | 10 |

Tabulka 1 Třídy Bluetooth dosah a výkon

6.1. Komunikační profily a architektura přenosových protokolů

Na Obr. 12 je znázorněna architektura přenosových protokolů, jak ji definuje standard Bluetooth.



Obr. 12 Architektura Bluetooth [10]

6.1.1. Architektura přenosových protokolů standardu Bluetooth

Baseband, link layer kontrol: Tento protokol realizuje fyzické propojení s dalšími jednotkami v rámci sítě piconet. Starají se o základní synchronizaci a řídí komunikaci pomocí FHSS.

Link manager protokol: (LMP) Tato vrstva je zodpovědná za navázání spojení mezi jednotkami Bluetooth. Je rovněž zodpovědná za řízení a sestavení komunikace. Tato vrstva také zodpovídá za řízení napájecích módů a s tím související řízení spotřeby.

Host controller interface: (HCI) Vrstva host controller interface poskytuje jednotné rozhraní a jednotnou metodu přístupu k hardwaru Bluetooth. Je specifikován pro různá fyzická rozhraní (UART, USB, a dalších).

Logical link control and adaptation protokol: (L2CAP) Vrstva logical link control and adaptation protokol poskytuje služby vyšším vrstvám pro spojované (connection-oriented) a nespojované (connectionless-oriented) datové přenosy. Tento protokol poskytuje tyto funkce:

- **Multiplexing** (multiplexování) několika typů protokolů, které jsou definovány vyššími vrstvami architektury protokolů Bluetooth. Jde hlavně o protokoly SDP, RFCOMM a TCS. Tyto protokoly jsou dále popsány.
- **Segmentation and Reassembly** (Segmentace) je vrstva zodpovědná za rozdělení a opětovné složení datových paketů přesahujících maximální přípustnou délku přenášených paketů (Maximum Transmission Unit, MTU)
- **Quality of Services** (kvalita služeb) úloha zajišťuje předem dohodnuté a definované parametry, jako jsou přenosová rychlost a zpoždění.
- **Groups** (Skupiny) další úlohou vrstvy je implementace práv pro mapování skupin jednotek do buňky piconet.

Radio frequency communications port: (RFCOMM) Protokol radio frequency communications port nahrazuje drátový sériový port. Z tohoto důvodu je protokol RFCOMM vybaven emulací řízení portu RS-232 a ovládání signálů přes fyzickou vrstvu Bluetooth.

Audio: Standard Bluetooth definuje služby pro přenos zvuku mezi jednou nebo více jednotkami Bluetooth. Přenos zvuku nevyužívá služby vrstvy L2CAP, ale je po otevření a sestavení přenosové linky mezi dvěma jednotkami Bluetooth zajišťován přímo.

Protokoly vyšších vrstev nezávislé na architektuře přenosových protokolů Bluetooth

- **AT commands:** Standard Bluetooth podporuje skupinu servisních příkazů AT, obvykle využívaných pro řízení a konfiguraci. Příkazy AT jsou textové příkazy. Tato služba využívá vrstvu RFCOMM.
- **Point-to-point:** (PPP) Protokol point-to-point je paketově orientovaný protokol, který je například součástí protokolu TCP/IP, kde se využívá k přenosu paketů IP přes sériové rozhraní RS-232, Protokol využívá k zajištění spojení služby vrstvy RFCOMM.
- **Protokoly TCP-IP:** Protokoly TCP/IP slouží k propojení Bluetooth se zařízeními na internetu. [10]

6.2. Bluetooth modul BTM112

Bluetooth modul BTM112 je od firmy Rayson viz Obr. 13, který splňuje specifikaci Bluetooth 2.0, modul pracuje na frekvenci 2.4GHz. Modul je spojen s mikrokontrolérem dvěma linkami Rx a Tx přes napěťový převodník viz Obr. 10. Rychlost komunikace s mikrokontrolérem je nastavena 19200 bitů/s v asynchronním režimu. BTM122 je ovládána pomocí AT příkazů, které generuje mikrokontrolér.



Obr. 13 Modul BTM112 [11]

Základní nastavení modulu:

- Pin kód: 1234.
- Baudrate: 19200b/s.
- Datových bitů: 8.
- Parita: žádná.
- Stop bity: 1.
- Řízení toku: H/W nebo žádné.

Parametry:

- Vyzařovací výkon: Max.4dBm (Class2).
- Bluetooth verze: 2.0 + EDR.
- Napájení: 3-3,6 V.
- Rozhraní: USB, UART a PCM.

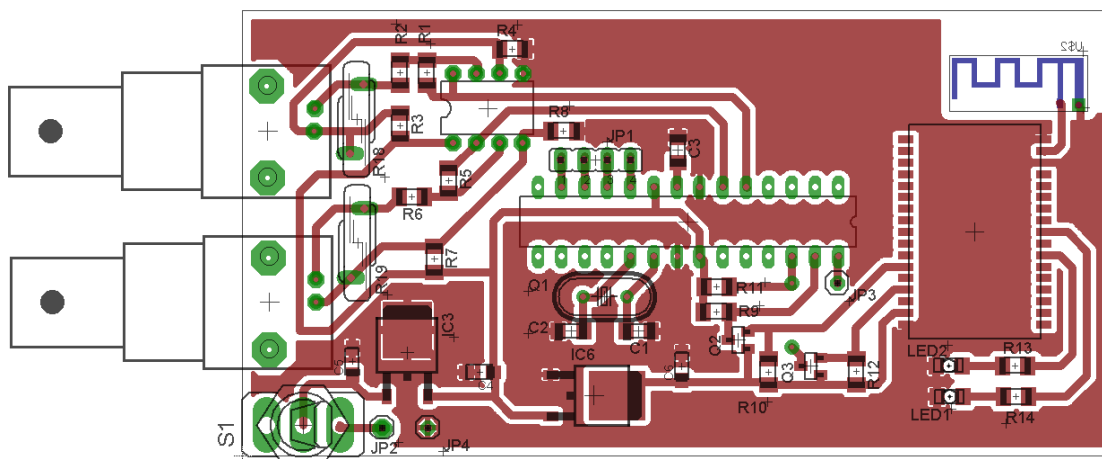
7. Konstrukce

V zařízení jsou použity dva stabilizátory, jeden stabilizuje napětí na 5V pro napájení mikrokontroléru, referenční napětí pro A/D převodník a napájení operačního zesilovače. Z toho vyplývá, že zdroj napětí musí být cca minimálně 8V. Druhý stabilizátor stabilizuje napětí na 3,3V pro Bluetooth modul a je připojen na výstup 5V stabilizátoru. Jelikož jsou použity dva druhy napájecího napětí, bylo nutné mezi datové linky Rx, Tx vložit napěťový převodník, který byl sestaven z CMOS tranzistoru.

Vstupní obvod připojen k dvěma kanálům A/D převodník je složen ze dvou operačních zesilovačů, v invertujícím zapojení, které umožňuje měřit napájecí napětí v rozsahu $\pm 10V$, při napájecím napětí 5V. Na výstupu z operačního zesilovače je pak 0-5V, což je rozsah A/D převodníku mikrokontroléru. Pro zdroj hodinového signálu je použitý vnější krystal o frekvenci 16 MHz.

7.1. Deska plošných spojů

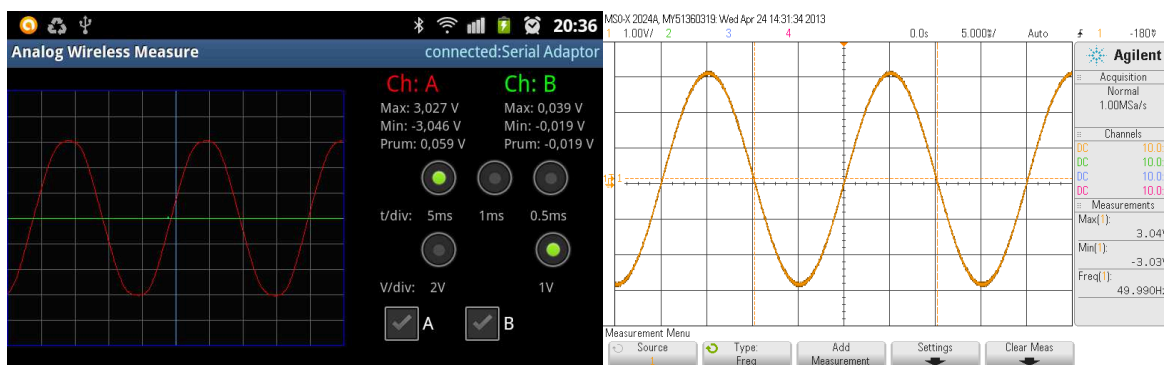
Návrh desky plošného spoje je realizován v programu Eagle. Název Eagle pochází z původního názvu (Easily Applicable Graphical Layout Editor). Deska plošného spoje je jednostranná viz Obr. 14. Většina součástek je typu SMT. Klasickou velikost součástek mají mikrokontrolér, operační zesilovač, přepínač a BNC konektory.



Obr. 14 Deska plošného spoje a osazení součástek

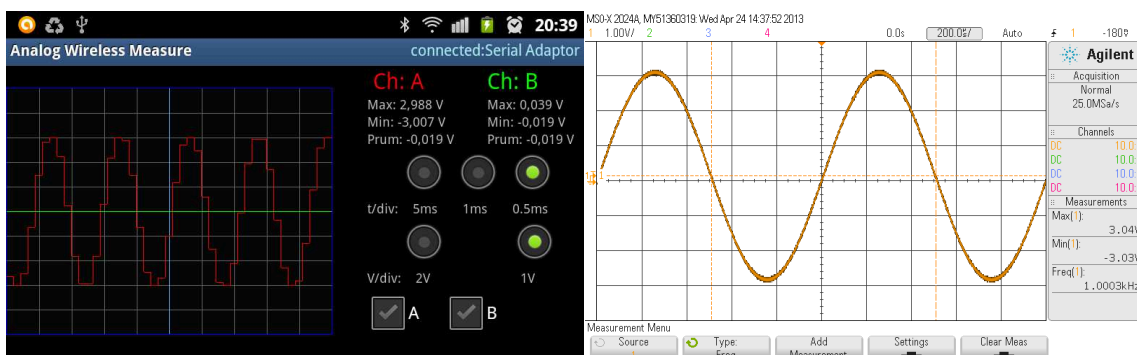
8. Měření

Pro testování zařízení byl použit generátor signálu Agilent 33220A a osciloskop Agilent MSO-X 2024A pro porovnání měřeného signálu v aplikaci telefonu.



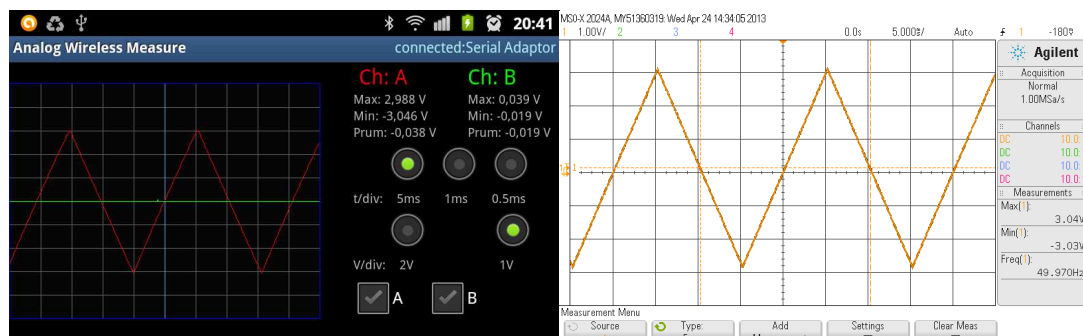
Obr. 15 Sinusový průběh

Na Obr. 15 je porovnání sinusového průběhu o frekvenci 50Hz a amplitudě 3V lze vidět, že průběhy jsou téměř totožné. Časové základny jsou nastaveny na 5ms/dílek a napětí 1V/dílek.



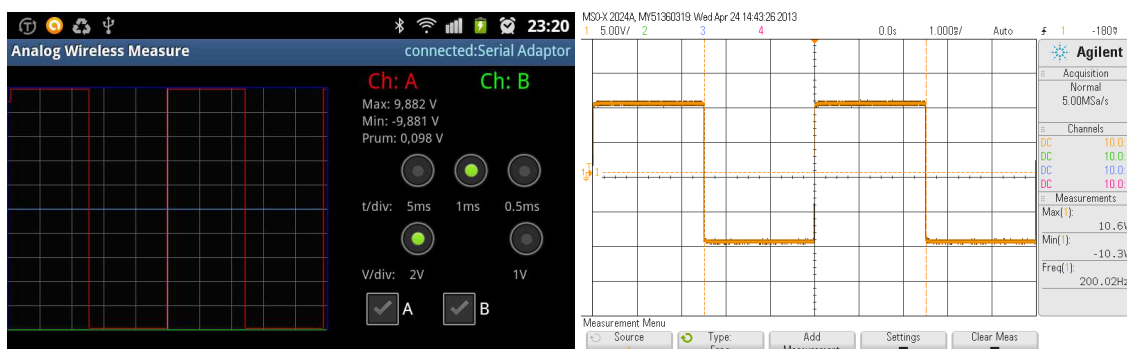
Obr. 16 Sinusový průběh

Na Obr. 16 je zobrazen sinusový signál, který má frekvenci 1kHz a amplitudu 3V. Při této frekvenci začíná zařízení pro měření analogových veličin zkreslovat průběh. Z důvodu nedostatečného počtu vzorků na periodu signálu, protože vnitřní A/D převodník nemá větší vzorkovací rychlost. Časová základna v mé aplikaci je nastavena na 500us/dílek a napětí 1V/dílek. Na osciloskopu je časová základna 200us/dílek a napětí 1V/dílek.



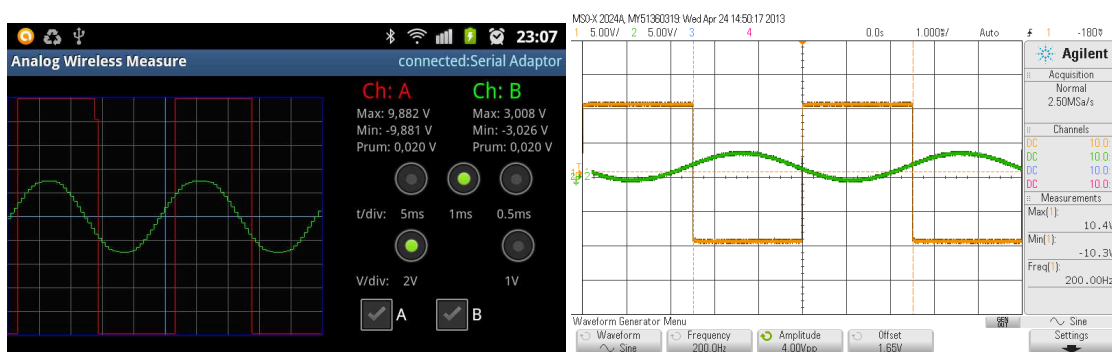
Obr. 17 Pilový průběh

Na Obr. 17 je porovnání zobrazených průběhu pilovitého signálu o frekvenci 50Hz a amplitudě 3V. časová základna je u obou zařízení 5ms/dílek a napětí 1V/dílek.



Obr. 18 Obdélníkový průběh

Na Obr. 18 je zobrazen obdélníkový signál a frekvenci 200 Hz a amplitudě 3V. časová základna je u obou zařízení 5ms/dílek a napětí 1V/dílek.



Obr. 19 Zobrazení dvoukanalového měření

Současné zobrazení průběhu při dvoukanalovém měření. Časová základna je 1ms, napětí 2V/dílek na mém zařízení, na osciloskopu 5V/dílek. Viz Obr. 19.

9. Závěr

Tato bakalářská práce se zabývá vytvořením zařízení, které bude schopno měřit základní analogové veličiny a zobrazovat v zařízeních s OS Android. Protože v dnešní době má většina lidí chytré mobilní zařízení typu smartphone. Tato skutečnost inspirovala výrobu zařízení, které bude schopno měřit analogové veličiny bez nutnosti používání různých multimetrů a jiných zařízení pro měření, které mají obvykle velké rozměry. Toto zařízení se díky svým malým rozměrům vejde do kapsy.

Zařízení je schopné měřit napětí v rozsahu $\pm 10V$. Zobrazovat průběh měřeného napětí cca do 1kHz. Tato frekvence je poměrně malá, ale pro měření malých frekvencí dostačující. Toto zařízení sice není plnohodnotným měřicím přístrojem, ale pro rychlé orientační měření je dostačující. Tato bakalářská práce se snaží poukázat na použití chytrých telefonů v elektrotechnice a ovládání jiných zařízení telefonem s operačním systémem Android. Toto zařízení lze vylepšit externím A/D převodníkem pro zvýšení měřené frekvence vstupního signálu.

Použitá literatura

- [1] *Android (operační systém)* [online]. [cit. 2013-05-01]. Dostupné z: <[http://cs.wikipedia.org/wiki/Android_\(opera%C4%8Dn%C3%AD_syst%C3%A9m\)](http://cs.wikipedia.org/wiki/Android_(opera%C4%8Dn%C3%AD_syst%C3%A9m))>.
- [2] *Android* [online]. [cit. 2013-05-01]. Dostupné z: <<http://wiki.androidforum.cz/index.php/Android>>.
- [3] MURPHY, Mark L. *Android 2 Průvodce programováním mobilních aplikací*. Vyd. 1. Brno: Computer Press, 2011. ISBN 978-80-251-3194-7.
- [4] *Android Developers* [online]. [cit. 2013-05-01]. Dostupné z: <<http://developer.android.com/guide/components/fundamentals.html>>.
- [5] *Android Developers* [online]. [cit. 2013-05-01]. Dostupné z: <<http://developer.android.com/reference/android/app/Activity.html>>.
- [6] *ATmega8: 8-bit Atmel Microcontroller with 4/8/16K Bytes In-System Programmable Flash* [online]. ATMEL, [cit. 2013-05-02]. Dostupné z: <<http://www.atmel.com/images/doc2545.pdf>>.
- [7] *μArt.czElektronika do posledního μA...* [online]. [cit. 2013-05-02]. c2013 Dostupný z: <<http://uart.cz/253/konverze-mez-5v-a-3v-logikou>>.
- [8] PUNČOCHÁŘ, Josef. *Operační zesilovače v elektrotechnice*. 4. vydání. Praha: BEN - technická literatura, 1999. 495 s. ISBN 80-86056-37-6.
- [9] *Bluetooth* [online]. [cit. 2013-05-02]. Dostupný z: <<http://www.bluetooth.com/Pages/Basics.aspx>>.
- [10] *Automa* [online]. [cit. 2013-05-02]. c2013 Dostupný z: <http://www.odbornecasopisy.cz/index.php?id_document=28874>.
- [11] *BTM112: Bluetooth®Module* [online]. RAYSON, [cit. 2011-01-20]. Dostupné z: WWW: <http://www.soselectronic.cz/a_info/resource/d/BTM-112.pdf>.

Seznam Příloh

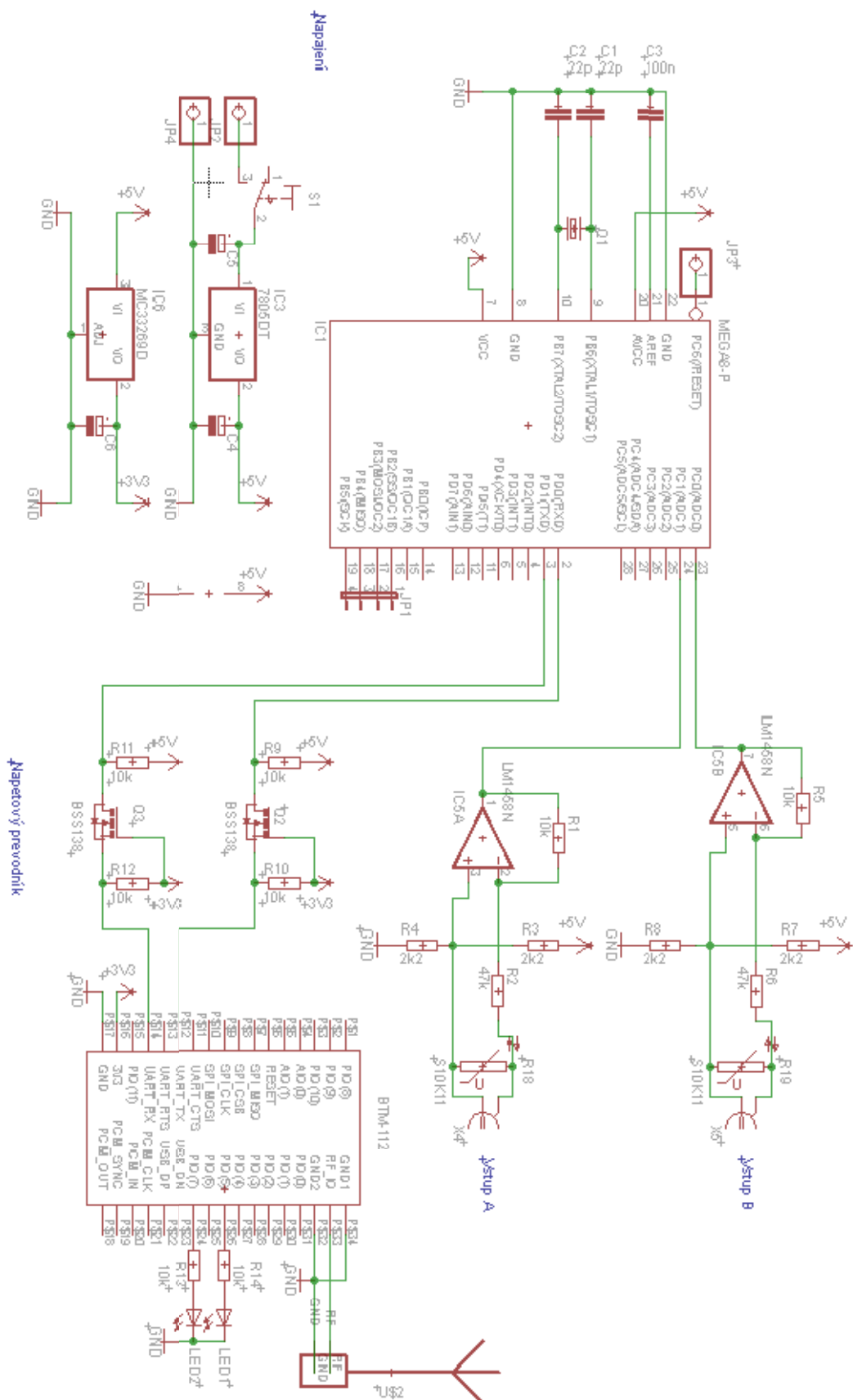
Příloha č. I – Schéma zařízení.

Příloha č. II – Fotodokumentace zařízení.

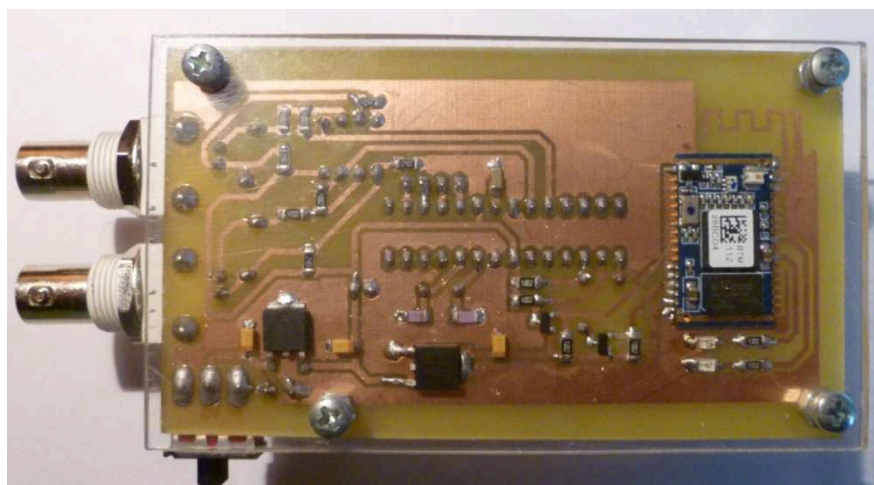
Obsah CD

- Bakalářská práce.pdf
- Přílohy - Příloha č. I, Příloha č. II
- Data - Zdrojové kódy, Schéma a deska plošného spoje v Eagle, programy použité pro bakalářskou práci.

Příloha č. I: Schéma zařízení



Příloha č. II: Fotodokumentace zařízení



Obr. 1 Pohled z hora na zařízení

